

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
PARIS  
—

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 545 606**

②1 N° d'enregistrement national :

**83 07957**

⑤1 Int Cl<sup>3</sup> : G 01 L 1/26.

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 6 mai 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPi « Brevets » n° 45 du 9 novembre 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société anonyme dite : HISPANO-  
SUIZA. — FR.

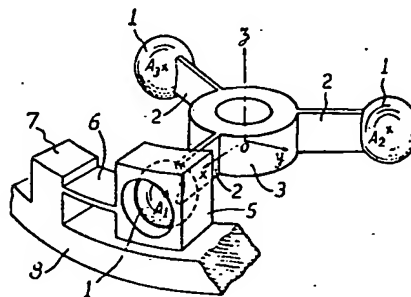
⑦2 Inventeur(s) : Bernard Fraignier et Daniel Edouard Gery.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : François Moinat.

⑤4 Capteur de torseur de forces.

⑤7 Ce capteur comprend un moyeu 3 lié à un premier corps solide et un anneau 8 lié à un second corps solide connectés par trois premières lames 2 et trois secondes lames 6 encastrees à une de leurs extrémités, les lames 2, 6 étant élastiques dans une direction sensible privilégiée, chaque première lame 2 étant respectivement liée à une seconde lame 6, de façon telle que la direction sensible de l'une soit orthogonale à la direction sensible de l'autre, par une liaison sélective 1, 5 qui ne transmet que les efforts se décomposant selon l'une et/ou l'autre des directions sensibles orthogonales des lames associées 2, 6, des capteurs de déformations étant montés sur les lames 2, 6 et reliés à des appareils de mesures pour déterminer les forces appliquées dans la direction sensible des lames et permettre la détermination des forces constituant un torseur équivalent au torseur des forces appliquées à l'un des corps.



FR 2 545 606 - A1

## CAPTEUR DE TORSEUR DE FORCES

L'invention concerne un capteur de torseur de forces constituant une liaison entre deux corps solides, du type comprenant une première pièce destinée à être liée rigidement au premier corps, et une seconde pièce destinée à être liée rigidement au second corps, la première et la seconde pièces étant connectées par des moyens de connexion associés à des capteurs de forces captant toutes les forces permettant la détermination des forces constituant un torseur équivalent au torseur des forces appliquées.

Le brevet français no. 2 281 560 fait connaître un tel capteur dans lequel les moyens de connexion comportent essentiellement quatre bras partant du moyeu constituant la première pièce et reliés au boîtier constituant la seconde pièce de manière telle que la mesure des déplacements latéraux tangentiels de quatre points liés par des croisillons au moyeu et des déplacements longitudinaux de quatre autres points également liés au moyeu par une bride fournit des indications permettant la détermination des six composantes de force et de moment du torseur réduit en un point. Cette solution donne lieu à une réalisation technologique relativement complexe.

Le but de l'invention est de proposer un capteur de construction simple fournissant des mesures de forces particulièrement bien définies et dégagées d'interférences nuisibles de manière à permettre la détermination simple et sûre des forces constituant un torseur équivalent au torseur des forces appliquées.

Selon l'invention, ce but est atteint du fait que les moyens de connexion consistent en un premier ensemble d'au moins trois premières lames et un second ensemble de secondes lames en même nombre, les premières et secondes lames étant encastrees respectivement dans la première et la seconde pièce à une de leurs extrémités, les lames étant élastiques dans une seule direction sensible privilégiée et rigides dans les autres directions, chaque première lame étant respectivement liée à une seconde lame de

façon telle que la direction sensible de la première lame soit orthogonale à la direction sensible de la seconde lame par une liaison sélective qui ne transmet que les efforts se décomposant selon l'une et/ou l'autre des directions sensibles orthogonales des lames associées, des capteurs de déformations étant associés aux lames et reliés à des appareils de mesures pour déterminer les forces appliquées dans la direction sensible des lames et permettre la détermination des forces constituant un torseur équivalent au torseur des forces appliquées à l'un des corps et la déduction du torseur réduit en un point.

La liaison sélective de deux lames associées peut être réalisée par une rotule coulissante (par exemple par une sphère liée à une lame coulissant dans un cylindre lié à l'autre lame selon une direction orthogonale aux directions sensibles des deux lames), par un cardan muni d'un élément de coulissement, etc.

Il est avantageux, pour le calcul du torseur comme pour la facilité de réalisation du capteur, que les secondes lames soient contenues dans des plans parallèles entre eux, et même confondues dans un même plan (compte non tenu des microdéplacements qu'elles subissent en cours de mesure).

Selon un mode de réalisation préféré pour certaines applications, les premières lames ont même longueur, sont au nombre de trois, disposées radialement, de préférence à  $120^{\circ}$  autour d'un moyeu constituant la première pièce. La seconde pièce affecte la forme d'un anneau plat comportant les plots sur lesquels les secondes lames, de même longueur, s'encastrent parallèlement à l'anneau. Les capteurs de déformations sont de préférence des jauges de contraintes.

Selon le mode de réalisation choisi, il se peut que l'une au moins des lames soient dédoublée en deux demi-lames séparées.

L'invention sera mieux comprise grâce à la description qui va suivre faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1. est un schéma montrant les forces

mesurées dans un type préféré de capteur conforme à l'invention et permettant une réalisation mécanique et une composition de torseur de forces équivalent facilement exploitable.

05 - la figure 2 est une vue partielle en perspective d'un mode de réalisation préféré de capteur conforme à l'invention.

- la figure 3 est une vue en coupe parallèle à une première lame d'une liaison sélective conforme à l'invention.

- les figures 4a et 4b sont des schémas analogues à la figure 1 pour deux modes de réalisation particuliers.

10 L'invention vise à fournir, par une mesure, des éléments permettant la détermination de forces constituant un torseur équivalent au torseur des forces appliqués à un corps solide, et corrélativement, la détermination de leur torseur réduit en un point choisi.

15 Selon l'invention, les deux corps sont reliés par trois attaches non alignées supposées ponctuelles et transmettant donc des forces (à l'exclusion de couples), ces attaches étant réalisées de manière qu'un des trois paramètres définissant chaque force de liaison soit connu. Dès lors, la mesure des deux  
20 paramètres restant pour chaque force de liaison fournit six paramètres qui permettent, moyennant la connaissance des positions spatiales des attaches, de calculer les six paramètres définissant le torseur réduit.

25 Plus précisément, selon l'invention, les attaches sont conçues de manière à permettre la mesure immédiate au moyens de lames souples de deux composantes orthogonales de chaque force de liaison, la troisième étant nulle par construction.

30 La figure 1 schématise une conception selon laquelle les composantes mesurées des forces de liaison sont agencées de manière à permettre un calcul relativement simple des paramètres du torseur réduit.

Si  $A_1, A_2$ , et  $A_3$  désignent les trois attaches et P le plan qui les contient, on choisit un référentiel trirectangle Oxyz tel que Oxy soit confondu avec P. Les attaches  
35  $A_1$  sont conçues mécaniquement de manière que les forces de

liaison soient exclusivement contenues dans les plans passant par  $A_i$  et perpendiculaires à  $OA_i$ , chaque force pouvant être aisément caractérisée par la mesure d'une composante normale  $\vec{Fz}_i$ , parallèle à  $Oz$ , et d'une composante tangentielle  $\vec{Ft}_i$ , contenue dans  $P$ . Si  $(\rho_i, \theta_i)$  sont les coordonnées polaires, dans  $xOy$ , de  $A_i$ , il est facile de calculer les six paramètres du torseur équivalent dans le référentiel  $Oxyz$ , à savoir les composantes suivant  $\vec{Ox}, \vec{Oy}, \vec{Oz}$  du vecteur force équivalent :

$$(1) : -(\vec{Ft}_1 \sin \theta_1 + \vec{Ft}_2 \sin \theta_2 + \vec{Ft}_3 \sin \theta_3)$$

$$(2) : \vec{Ft}_1 \cos \theta_1 + \vec{Ft}_2 \cos \theta_2 + \vec{Ft}_3 \cos \theta_3$$

$$(3) : \vec{Fz}_1 + \vec{Fz}_2 + \vec{Fz}_3$$

et du vecteur couple équivalent

$$(4) : \vec{Fz}_1 \rho_1 \sin \theta_1 + \vec{Fz}_2 \rho_2 \sin \theta_2 + \vec{Fz}_3 \rho_3 \sin \theta_3$$

$$(5) : -(\vec{Fz}_1 \rho_1 \cos \theta_1 + \vec{Fz}_2 \rho_2 \cos \theta_2 + \vec{Fz}_3 \rho_3 \cos \theta_3)$$

$$(6) : \vec{Ft}_1 \rho_1 + \vec{Ft}_2 \rho_2 + \vec{Ft}_3 \rho_3$$

A partir de ces données, le calcul du torseur équivalent dans tout autre repère est évidemment possible.

Si, pour simplifier encore, on choisit, selon un premier mode de réalisation,

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho ; \theta_1 = 0 ; \theta_2 = 120^\circ \text{ et }$$

$$\theta_3 = 240^\circ ; \text{ les paramètres respectifs du torseur deviennent : }$$

$$(1') : (\sqrt{3}/2)(\vec{Ft}_3 + \vec{Ft}_2)$$

$$(2') : \vec{Ft}_1 - (1/2)(\vec{Ft}_2 + \vec{Ft}_3)$$

$$(3') : \vec{Fz}_1 + \vec{Fz}_2 + \vec{Fz}_3$$

$$(4') : \rho (\sqrt{3}/2) (\vec{Fz}_2 - \vec{Fz}_3)$$

$$(5') : \rho ((1/2)\vec{Fz}_2 + (1/2)\vec{Fz}_3 - \vec{Fz}_1)$$

$$(6') : \rho (\vec{Ft}_1 + \vec{Ft}_2 + \vec{Ft}_3)$$

C'est cette conception simplifiée qui a été préférée pour la réalisation du capteur représenté en figure 2.

$A_1, A_2, A_3$  sont les centres de rotules

sphériques 1 calées à l'extrémité de trois premières lames élastiques 2 radialement encastrées sur un moyeu 3 lié rigidement à un des corps solides à étudier par des moyens accessoires (par exemple un boulonnage, ou tout autre moyen connu).

05           Chaque rotule 1 coulisse radialement dans une douille d'un logement 5 (un seul a été représenté) supporté par chaque seconde lame 6 encastrée tangentiellement dans des plots 7 d'un anneau plat 8 lié rigidement au second corps solide.

10           Afin de minimiser les forces passives, il est utile d'améliorer au maximum la technologie de la liaison 2, 1, 5 par la réduction des rugosités antagonistes, le choix judicieux de matériaux ou de traitement des surfaces en regard, ou l'utilisation d'interfaces adaptées comme représenté par exemple sur la figure 3 : l'extrémité de la lame 2 se termine par un  
15   cylindre 9 sur lequel la rotule 1 est montée par l'intermédiaire d'un fourreau à billes 10, la rotule 1 pouvant elle-même tourner dans une cavité sphérique du logement 5 par l'intermédiaire d'une sphère à billes 11.

20           Chacune des lames est équipée de jauges de contrainte judicieusement placées suivant les techniques d'exploitation propres à celles-ci en exploitant le cas échéant les configurations qui permettent d'insensibiliser le système aux variations de l'ambiance (en admettant l'isothermie de chacune des lames).

25           Les signaux analogiques tirés des jauges sont exploités par des moyens standards pour permettre facilement la détermination du torseur réduit à mesurer.

30           Le choix de jauges répond au souci de disposer d'une mesure qui peut être conservée en mémoire, de préférence par exemple à des solutions de type piézoélectriques qui sont sensibles aux variations.

35           Au lieu de jauges de contrainte, d'autres moyens peuvent être utilisés pour mesurer les déformations des lames tels que, par exemple des méthodes optiques (par laser ou selon la méthode de Poggendorff), des sondes capacitatives ou inductives de

distance, un moyen de mesure métrologique (comparateur, par variation de cote).

L'encastrement des premières lames 2 dans un moyeu 3 peut être réalisé pratiquement par un serrage de pieds de lames  
05 de forme appropriée entre deux plateaux reliés par des moyens de vissage.

L'encastrement des secondes lames 6 sur les plots 7 comme le maintien de ces plots sur l'anneau 8 peut être réalisé par un simple boulonnage sur l'anneau.

10 A la figure 4a, on a représenté schématiquement dans une forme analogue à la figure 1 la conception correspondant au mode de réalisation de capteur qui a été décrit en référence à la figure 2.

Selon un second mode de réalisation dont la conception  
15 équivalente est représentée schématiquement à la figure 4b, les points  $A_1$  et  $A_2$  sont placés angulairement à  $180^\circ$  par rapport au point de référence O, les coordonnées  $\rho_1 = OA_1$  et  $\rho_2 = OA_2$  étant de préférence égales, et le point  $A_3$  étant placé angulairement à  $90^\circ$  respectivement par rapport aux  
20 points  $A_1$  et  $A_2$  selon la même référence.

## REVENDEICATIONS

1. Capteur de torseur de forces constituant une liaison entre deux corps solides, du type comprenant une première pièce (3), destinée à être liée rigidement au premier corps, et une  
05 seconde pièce (8), destinée à être liée rigidement au second corps, la première et la seconde pièces étant connectées par des moyens de connexion (2,1,5,6,7) associés à des capteurs de forces captant toutes les forces permettant la détermination des forces constituant un torseur équivalent au torseur des forces  
10 appliquées, caractérisé en ce que les moyens de connexion consistent en un premier ensemble d'au moins trois premières lames (2), et un second ensemble de secondes lames (6) en même nombre, les premières et secondes lames (2,6) étant encastrées respectivement dans la première et la seconde pièce (3,8) à une de  
15 leurs extrémités, les lames (2,6) étant élastiques dans une seule direction sensible privilégiée et rigides dans les autres directions, chaque première lame (2) étant respectivement liée à une seconde lame (6) de façon telle que la direction sensible de la première lame (2) soit orthogonale à la direction sensible de la seconde lame (6) par une liaison sélective (1,5) qui ne  
20 transmet que les efforts se décomposant selon l'une et/ou l'autre des directions sensibles orthogonales des lames associées (2,6), des capteurs de déformations étant associés aux lames (2,6) et reliés à des appareils de mesures pour déterminer les forces  
25 appliquées dans la direction sensible des lames et permettre la détermination des forces constituant un torseur équivalent au torseur des forces appliquées à l'un des corps et la déduction du torseur réduit en un point.

2. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce  
30 que l'une au moins des lames (2,6) de l'un des ensembles de lames est dédoublée en deux demi-lames séparées.

3. Capteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque liaison sélective (1,5) est constituée par une rotule coulissante.

35 4. Capteur selon l'une quelconque des revendications



précédentes, caractérisé en ce que les secondes lames (6) sont sensiblement contenues dans des plans parallèles entre eux.

05 5. Capteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que les secondes lames (6) sont sensiblement contenues dans un même plan.

6. Capteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les premières lames (2) sont disposées radialement autour d'un moyeu (3) constituant la première pièce.

10 7. Capteur selon la revendications 5 et 6, caractérisé par trois premières lames (2) espacées angulairement de  $120^{\circ}$ .

8. Capteur selon la revendication 7, caractérisé par trois premières lames (2) de même longueur.

15 9. Capteur selon les revendications 5 et 6, caractérisé en ce que deux premières lames (2) sont placées angulairement à  $180^{\circ}$  et une troisième première lame (2) est placée angulairement à  $90^{\circ}$  par rapport à chacune des autres respectivement.

20 10. Capteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que la seconde pièce affecte la forme d'un anneau plat (8) parallèle au secondes lames (6), des plots (7) d'encastrement desdites secondes lames (6), lesquelles sont de même longueur.

11. Capteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les capteurs de déformations sont des jauges de déformations.

